柑橘之雜交育種

黃阿賢[1]、徐信次[2]

台灣省農業試驗所嘉義農業試驗分所

一、計畫緣起與目的

柑橘類爲本省最重要的果樹之一，栽培面積達五萬公頃，然歷年來主要品種只限於椪柑、桶柑、柳橙，產期由十月至二月。開發不同成熟期或其他優良性狀的品種，延長鮮果供銷期，以達到品種多樣化，有其必要性。新品種之開發，除引種外，雜交育種亦爲值得採行的方法。柑橘育種的目標(Hearn,1973;Soost等,1975)不外乎高品質、高生產效率、特殊環境之適應性、不同成熟期、病蟲害的抵抗性。本省的文旦爲一早生品種，桶柑爲晚生品種 ，二者均具單僞結果，自交不親合（林，1974;1979;Li, 1980），抗潰瘍病等優良特性，風味佳；文旦爲單胚性(呂,1980;翁1974 ），桶柑爲少胚性，做爲雜交母本時，容易獲得雜交苗（黃等,1989 ），與世界上之主要柑橘品種比較，二者均甚適合做爲雜交育種的母本。檸檬也是一少胚性的種類(Hodgson,1967;黃,1991)，與其他柑橘種類比較，不論植株之生長特性，果實之形態、風味，均有甚大之差異，以檸檬爲親本，可望後代有較大之變異，並可能獲得極早生或周年開花潛力之新品種。

本計畫之目的爲經由雜交育種，發展本省的柑橘新品種，提供生產者與消費者在品種上之更多選擇，並希望能選育對潰瘍病忍受性較强之葡萄柚及甜橙之新品種，以延長本省柑橘之生產季節。

二、起始年度

72年度至76年度	加工橙類雜交育種
77年度	橙類雜交育種
78年度～	柑橘之雜交育種

三、計畫執行人

徐信次、黃阿賢

（1）嘉義分所園藝系助理研究員
（2）嘉義分所園藝系副研究員兼系主任

四、執行方法與程序

㈠育種材料

橙類雜交育種：以桶柑爲主要母本，分別以早生、中生及晚生種之甜橙，即Hamlin ，Pineapple及Valencia 橙授粉，以及在本省栽培情況良好之柳橙、葡萄柚、晚白柚等柑橘類授粉。

柚類雜交育種：以文旦柚爲母本，分別以早生甜橙Marrs Early、Hamlin 以及對柑橘潰瘍病抗性較强之Pineapple、柳橙授粉。

檸檬雜交育種：以Eureka及Lisbon兩檸檬品種爲母本，分別以低酸甜橙Sugar orange、柳橙及Hamlin授粉。

其他雜交組合，包括甜橙品種間相互雜交，及以單胚性之Wilking Fortune 爲母本之雜交組合，數量較少，詳見執行現狀與成果。

㈡人工授粉

花粉均採自嘉義農業試驗分所。將即將開放的花朵，摘回實驗室，取下花藥，置放乾燥器內使其開裂，再分別授粉於去雄之母本花朵，並套以紙袋。

㈢播種

雜交果於成熟時採收，剝除種皮，逐一播種於育苗箱，多胚性者，只選取較大的胚播種。

㈣雜交苗之鑑定與移植

母本爲多胚性者，播種後約六個月，以葉片形態鑑定雜交苗，（詳見執行現狀與成果）。選擇生長較良好之雜交苗，移植於 3公升盆。

㈤雜交苗之定植與管理

雜交苗於網室內培育三個月至一年間，以株距0.4至0.5公尺，行距3.5至4.0公尺的寬行密植模式，定植於嘉義分所。植株採用單幹整枝，於約 150公分高處修剪，促進分枝。除文旦之雜交苗外，其餘立水泥棚架，以減少風害。

五、執行現狀與成果

㈠雜交後代之鑑定

以多胚性柑橘品種爲母本，進行雜交育種，須於幼苗期，分辨雜交苗與珠心胚苗，以提高計畫執行之效率。甜橙品種間相互雜交，由於葉片形態均甚接近，珠心胚苗與雜交苗間不易以此特徵鑑定，所選拔者，通常與母本有顯著不同；且因胚數甚多，雜交苗率低，（黃等，1989）。柑橘類中，桶柑與檸檬葉片之主要特徵爲較寬之披針形，幾無葉翼，甜

橙葉片爲卵形，有明顯之葉翼。當以桶柑爲母本與甜橙雜交時，可由葉片形態，包括較明顯之葉翼、葉身較接近卵形，或其他與母本不同之特徵，鑑定雜進交苗（黃等，1989）。以甜橙授粉於檸檬，與珠心胚苗比較，雜交苗之主要特徵依次爲：葉翼較明顯、葉身較圓或卵形、葉片較狹長或較小，可以上述一種或多種形態上之差異，鑑定之（黃，1991）。

文旦、Wilking、Fortune爲單胚性之品種，雜交種子所成長之幼苗，均爲雜交苗。柚類與甜橙或四季橘雜交，其後裔均具有柚類大型葉片與大型葉翼之特徵，植株間之葉片形態變化，較其他柑橘種類間之雜交後代爲小。

(二)雜交後代之培育

本計畫自72年 3月開始授粉，歷年來計培育雜交種子一萬六千粒，實生幼苗二萬零餘株(表一)，其中文旦爲單胚性，故每一株實生苗均爲雜交苗。多胚柑橘之雜交苗率與胚數有密切的關係，胚數越多者，雜交苗率越低（徐，1979；黃等，1989；Okudai,1981 ）。桶柑與檸檬爲少胚性，桶柑每一種子之平均胚數，不同年份間介於2.0至3.9（黃等，1989），播種9,621個種子，獲得雜交苗3,817株，合計之雜交苗率39.7%。檸檬之平均胚數1.3至1.7（黃，1991），播種648個種子，獲得雜交苗470株，合計之雜交苗率60.2%。雪柑、柳橙等甜橙之胚數可達十餘個（黃，1987；黃等1989）乃至四十餘個（Okudai,1981 ），播種838個種子，獲得雜交苗34株，合計之雜交苗率4.1%。上述之雜交苗爲以葉片形態鑑定者；移植及定植時，尙須淘汰生長較差的植株。親本之一爲柚類者，雜交苗之生育較其他雜交組合旺盛，此與Cameron等（1974）之報告相同。

表一　歷年來主要雜交組合之數量

母本	父本	著果數	種子數	實生苗數	雜交苗數	雜交苗率[a]
桶柑	Hamlin、柳橙 Pineapple、晚白柚 Valencia、葡萄柚	2,636	9,621	13,091	3,819	39.7
文旦	Hamlin、椪柑 Marrs Early、柳橙	74	4,830	5,336	5,336	100
檸檬	糖橙 柳橙 Hamlin	60	648	—	470	72.5
甜橙[b]	甜橙[b]	—	838	1,090	34	4.1

a.雜交苗率＝雜交苗數／種子數x100%

b.包括雪柑、柳橙、Valencia、Pineapple.

雜交苗經選拔，移植於三公升盆後，在網室培育三個月至一年間，即可定植。77年 2月起陸續定植，爲便於管理及加速渡過幼年期，以縮短育種年限，採用單幹整枝、寬行密植的管理。至81年4月止，總計定植3,253株，詳如表二。此外，另有470 株因病蟲害或生長衰弱而挖除，絕大部份爲桶柑與甜橙之雜交苗，定植園中，主要蟲害爲紅蜘蛛、潛葉蛾、蚜蟲，主要病害爲潰瘍病、根腐病與裾腐病。此亦爲一般柑橘幼年樹易遭受之病蟲害。一般不同柑橘品種間對主要蟲害之忍受性無明顯之差別，對多種病害之抵抗性則有明顯強弱之分。桶柑、椪柑及文旦爲對潰瘍病甚具抗性之品種；甜橙、檸檬、桔橙、葡萄柚則爲感病品種。經二年之田間觀察，文旦、桶柑分別與甜橙雜交之後代大部份爲感病。

至81年4月止，計153株開花，其中四季橘爲母本者，開花之比率較其他組合爲高（表二）。開花枝條上的刺均甚小或無，刺之逐漸退化應可做爲達到過渡期或成熟期之指標，但也有少數完全無刺之植株或已發育至新梢刺甚短者，仍未開花。

表二　定植之雜交苗數量

雜交組合	定植年月	成活株數	開花株數*
桶柑 x Pineapple	77.3至80.2	18	4
桶柑 x Valencia	77.3至79.3	269	31
桶柑 x Hamlin	77.3至79.3	300	65
桶柑 x 晚白柚	79.3至80.2	83	1
桶柑 x 柳橙	80.2	66	
柳橙 x Pineapple	77.3	10	
柳橙 x Chandler柚	77.3	12	1
Wilking x 椪柑	77.3	19	2
Wilking x 柳橙	77.3	18	4
Fortune x Chandler	78.3	33	4
Lemon x Sugar orange	80.2	15	
Lemon x 柳橙	80.2	26	
四季桔 x 柳橙	77.3	15	11
四季桔 x 柚類	77.3	18	8
文旦 x Marrs Early	78.6至79.4	1,160	8
文旦 x Hamlin	78.6至79.4	1,130	9
其他組合	77.3至80.3	63	5
合計		3,253	153

＊調查時間：81年4月

已結果的植株，主要爲四季橘與柳橙或柚類的雜交後代（表三）。其中四季橘與柳橙之雜交後代，已結果者，葉片形態較接近四季橘，果實的性狀也與四季橘相似；葉片形態與柳橙較接近者，即有明顯葉翼、葉身較大等特徵的植株，尚無果實可供評估。四季橘與

晚白柚之雜交後代，成活的18株中，其葉片形態均類似柚類，果實之大小與風味，則介於兩親本間。Wilking與柳橙之雜交後代中，已結果者2株，果實稍小，重均約 150公克，其中一株皮薄，風味濃，甚其食用價值。已結果的植株，採收之果實僅數個至數十個，果實之性狀，尚待進一步之評估。

表三　已結果之雜交後代果實性狀

雜交組合	果實性狀
四季桔 x柳橙	果實小，味酸，與四季桔相近，植株間（4株）無甚大差異
四季桔 x 晚白柚	一年開2至3次花
2-2	果重約50公克（落果）
22	果重約50公克，果肉甚柔軟，味酸，有單僞結果現像
2-6	果形大，皮厚，約250公克，味酸
Wilking x 柳橙 (1)	扁圓形，約150公克，皮薄，風味濃
Wilking x 柳橙 (3)	重約150公克，味酸，色橙紅
桶柑 x Valencia (v-493-1)	果重約250公克，風味稍淡，易剝皮

六、計畫檢討與未來展望

(一)本計畫已執行八年整，由調查本省主要品種之胚數與雜交苗率，而選用適宜之母本，並探討此等雜交組合中以胚色、葉片形態等鑑定雜交苗（黃等，1985；黃，1987；黃等，1985 ；黃，1987）。目前已培育雜交苗四千二百株，其中三千二百株已定植,153株已開花。未來計畫之重點，爲田間果園管理與雜交後代特性之調查。育種之目標主要爲不同成熟期、高品質與對潰瘍病有抗性之新品種（表四）；並將逐步評估已有之雜交組合後代之特性，表現較優良者將酌增加雜交後代之定植數，使定植成活之植株總數達五千株以上。

表四、主要雜交組合期望之新品種與特性

雜交組合	新品種	期望特性
桶柑 x 晚白柚	grapefruit	晚生、耐潰瘍病
桶柑 x 甜橙	Tangor/orange	不同成熟期、少籽、耐潰瘍病
文旦 x 甜橙	grapefruit	早生、少籽、耐潰瘍病
檸檬 x 甜橙	oramon	早生或週年開花
文旦 x 椪柑	tangelo/grapefruit	早生、耐潰瘍病

㈡文旦與桶柑對潰瘍病有相當之抵抗性，但與感病之甜橙雜交，後代普遍罹病。据 Matsumoto (1990)之研究，柑橘類對潰瘍病之抗性為一對顯性因子所控制之遺傳，因此文旦與桶柑可能為異結合之因子型(Rr)或為中度抗性之同結合因子型(RR)，加上定植之植株均為幼年樹，因此絕大多數之植株在田間普遍被感染。但桶柑與Pineapple 甜橙之雜交後代，似有較強之抵抗力。預料株齡逐漸增加後，植株間對潰瘍病之抵抗力，將有較明顯之差別。為育成對潰瘍病具抗性之新品種，宜增加桶柑、文旦與Pineapple或椪柑之雜交組合。

㈢幼年期(Juvenile phase)長為柑橘實生苗的特性之一。在網室中培育之珠心胚系，至五、六年後，主要栽培品種間有一成至二成以上植株開花（未具名，1983）。本計畫以單幹整枝，定植於田間，病蟲害可能較多，但植株發育較快，雜交苗到達成熟期所需時間，應較在網室內為少或相當。

七、參考文獻

1.未具名　1983　柑橘珠心胚系之培育　台灣省農試所七十一年年報　P.44-45

2.呂明雄　1980　柑橘胚性及花粉親對珠心胚苗培育之研究　嘉義農專園藝學報10:19-26

3.林瓊玖　1977　柑橘品種之授粉與結果率　台灣省農試所六十五年年報　P.134-135

4.林瓊玖　1979　柑橘品種之授粉與結果率　台灣省農試所六十七年年報　P.44

5.翁仁祿　1974　本省柑橘類胚色及胚數之調查　臺灣省農試所六十二年年報　P.62-63

6.徐信次　1979　柑橘多胚性之研究－珠心胚苗之分離　中華農業研究28(2):101-108

7.黃阿賢、林瓊玖　1985　利用花粉遺傳標誌區別柑橘誌區別柑橘有胚性　中國園藝32(2):103-108

8.黃阿賢　1987　不同時期雪柑胚發育之調查　中華農業研究36(4):361-371

9.黃阿賢、岳慶熙　1989　多胚性與橙類雜交育種交率改進之研究　柑橘試驗研究成果專題研討會專集　P.28-38　台灣省農試所特刊第12號

10.黃阿賢　1991　檸檬之多胚性及雜交苗之鑑定　中華農業研究40(2):225-232

11. Cameron, J.C. and R.K. Soost 1974 Evidence for hybrid vigor in F_1 Citrus populat ions with pummelo as one parent. Amer. Soc. Hort. Sci. 99(5):433-435

12. Hearn, C.J. 1973 Development of scion cultivars of citrus in Florida. Fla. State Hort. Soc. 86:84-88

13. Hodgson, R. W. 1976 Horticultural varieties of citrus. Chap. 4 In : The Citrus In dustry, Vol. I, revised edition. Reuther, W., L. D. Batchelor, and H. J. Webber , eds. Univ. Calif. Division of Agri. Berkeley.

14. Li, S.J. 1980 Self-incompatibility in Matou Wentan. HortScience Vol. 15(3):198-300

15. Matsumoto, R. and N. Okudai 1990 Inheritance of resistance to bacterial canker in Citus. J. Jaopan. Soc. Hort. Sci. 59(1):9-14

16. Okudai, N. , I. Oiyama and T. Takahara 1981 Studies on the improvement of zygotic seedling yield of the polyembryonic citus. Bull. Fruit Tree Res. Sta. D(3):9-22

17. Soost, R.K. and J.C. Cameron 1975 Citrus P507-540. In:J. Janick and J.N. Moore (eds.) Advances in Fruit Breeding.

討　　論

顏昌瑞：1.請問本省寬皮柑為重要柑橘種類，但以此為重點之雜交育種相當少，為什麼？
2.甜橙之育種目標為何，是否眞正需要以甜橙為主之育種，為什麼？

黃阿賢：椪柑是一個很重要的品種，但是它的胚數非常多，我們不宜拿它來當母本，目前我們已用椪柑作父本和其他單胚性品種來雜交。這是柑橘育種上有時不得不牽就胚性問題來訂育種目標及雜交組合。

顏昌瑞：寬皮柑裡也有單胚性，Encore 及Wilking兩品種本身是單胚性，假如在做的時候是以單胚性品種為母本，把椪柑多胚性品種做父本，事實上就可以克服此一問題？

黃阿賢：椪柑和單胚性之雜交品種Clementine這個組合在美國已經作過，我們是不是會比他們育成更好的品種，我不太敢講。既然要作育種的話，就育我們自己的品種。

顏昌瑞：可以進行和本省特有的桶柑、椪柑試試看，寬皮柑在美國不是主要柑橘，他們不可能替我們作很多的。

黃阿賢：我們當然會盡量去做。可是在有限的規模下，育種的操作是應加大優良品種之雜交後代族群，還是各雜交組合的族群少一些而組合數增加，才容易選育優良新品種，仍有待商確。

柑橘雜交育種操作程序圖：

圖　七

說明：果實於成熟時採收，剝除種皮，促使發芽（圖一），約一週後播種於育苗箱（圖二），三個月（柚類雜交苗）至六個月（其他雜交組合）後多胚性者並須選拔雜交苗（圖三），移植於三公升盆（圖四）。雜交苗於網室內培育三個月（柚類雜交苗）至六個月（其他雜交組合，圖五）後即可定植，果園採用寬行密植單幹整枝之管理（圖六爲定植後一年之橙類雜交苗，圖七爲定植後二年之柚類雜交苗）。